

Catalytic burner for hydrocarbon gases

Patent Number: DE19544417
Publication date: 1997-06-05
Inventor(s): DAHM BERNHARD DIPL ING (DE); RUSCH KLAUS DIPL ING (DE)
Applicant(s): DAHM BERNHARD DIPL ING (DE); RUSCH KLAUS DIPL ING (DE)
Requested Patent: ☐ DE19544417
Application: DE19951044417 19951129
Priority Number(s): DE19951044417 19951129
IPC Classification: F23D14/18
EC Classification: F23C11/00C, F23D14/18
Equivalents:

Abstract

The burner's fuel gas, containing hydrogen and or hydrocarbons, and combustion gas are directly into a connected catalyst structure (2). The exhaust fumes are discharged neither through the area of the fuel gas inlet (12) nor through the area of the combustion gas inlet (11). The catalyst structure (2) contains parts (7) into which diffuse the fuel and combustion gases from different directions and then react together to act as diffusion burners. The catalyst structure contains other parts (5) in which the fuel and combustion gas are mixed. The parts with and without pre-mixing are separated by a part (6) in which the fuel and combustion gases are mixed by flow processes.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Best Available Copy



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 44 417 A 1**

⑤① Int. Cl.⁸:
F23 D 14/18

⑳ Aktenzeichen: 195 44 417.5
㉑ Anmeldetag: 29. 11. 95
㉒ Offenlegungstag: 5. 8. 97

Po/ CAL 009 EP

DE 195 44 417 A 1

㉑ **Anmelder:**

Dahm, Bernhard, Dipl.-Ing., 70180 Stuttgart, DE;
Rusch, Klaus, Dipl.-Ing., 72202 Nagold, DE

㉒ **Erfinder:**

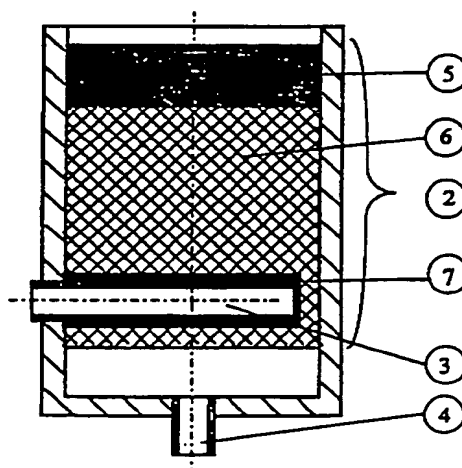
gleich Anmelder

⑤④ **Katalytischer Brenner**

⑤⑦ Werden für hohe Leistungen Brenngas und Verbrennungsgas vorgemischt in den Katalysator eingeleitet, so entsteht eine zünd- oder explosionsfähige Mischung außerhalb des Katalysators. Bei Brennern ohne Vormischung dagegen, mischen sich Brenngas und Verbrennungsgas im Katalysator diffusiv. Dabei wird allerdings das Katalysatorvolumen schlecht ausgenutzt, da nicht überall eine ideale Mischung vorliegt. Der neue Brenner vereint die Sicherheit eines Brenners ohne Vormischung mit der Leistung und dem Wirkungsgrad eines Vormischbrenners.

Brenngas und Verbrennungsgas strömen über getrennte Zuführungen (3), (4) in den Katalysator. Dieser vereint mehrere Zonen. Solche, die wie ein Diffusionsbrenner wirken (7), Zonen (5) mit Vormischung, und Zonen (6), in denen sich die Gase durch Strömungsvorgänge mischen. Der Brenner liefert hohe Leistungen, hat einen hohen Sicherheitsstandard, geringste Emissionen unverbrannten Brenngases und einen hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrad.

Der Brenner eignet sich zum Heizen oder Kochen mit Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffen, ebenso zur Verbrennung von Ab- oder Schadgasen.



DE 195 44 417 A 1

Die Erfindung betrifft einen katalytischen Brenner gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Wasserstoff läßt sich im Vergleich zu anderen Brenngasen leicht oxidieren. Deswegen sind katalytische Brenner besonders geeignet für dieses Gas. Kohlenwasserstoffe dagegen besitzen eine so stabile Molekülstruktur, daß sie bei Raumtemperatur katalytisch nicht umzusetzen sind. Oberhalb einer Temperatur von etwa 300°C läßt sich beispielsweise aber auch Methan an Platin katalytisch verbrennen.

Katalytische Brenner werden wie Flammenbrenner nach Art der Gemischbildung eingeteilt. Bei einem Brenner mit Vormischung, auch Diffusionsbrenner genannt, werden Brenngas und Verbrennungsgas außerhalb des Katalysators gemischt und dann in den Katalysator eingeleitet. Brenner ohne Vormischung dagegen sind so aufgebaut, daß Brenngas und Verbrennungsgas von unterschiedlichen Seiten in den Katalysator einströmen und sich erst im Katalysator durch Diffusion mischen. Die Abgase treten dabei auf der Seite des Verbrennungsgaseintritts aus.

Katalytische Brenner ohne Vormischung werden für spezielle Einsatzzwecke als technische Geräte am Markt angeboten. So finden sie beispielsweise als Infrarot-Trockner oder als mobile Heizgeräte Verwendung. Dabei wird die für den Betrieb mit KW-haltigen Brenngasen notwendige Betriebstemperatur zunächst durch eine elektrische Beheizung erreicht. Brenner ohne Vormischung nutzen den Katalysator allerdings schlecht aus und erreichen nur geringe Leistungsdichten, da nicht im ganzen Katalysatorvolumen eine ideale Mischung von Brenngas und Luft vorliegt. Die Reaktionszone liegt hauptsächlich in der der Luftzufuhr zugewandten oberflächennahen Schicht. Um den Brennstoff vollständig umzusetzen, muß mit einem hohen Luftüberschuß gearbeitet werden.

K. Ledjeff beschreibt in dem Artikel "Wasserstoffnutzung durch katalytische Verbrennung", BWK, Bd. 39 (1987), Nr. 7/8, S. 370—374, einen katalytischen Brenner für Wasserstoff, bei dem Brenngas und Sauerstoff bzw. Luft vorgemischt über einen flächenhaften Katalysator geleitet werden. Brenner mit einer Vormischung der Gase bergen Sicherheitsrisiken, da ein zündfähiges Gemisch außerhalb des Katalysators vorliegt. Der Gasraum ist deshalb vom Katalysator durch eine Diffusionsbarriere abgetrennt, um zu verhindern, daß die vorgemischten Gase im Gasraum zünden. Die Temperatur im Innern des Brenners muß dabei allerdings deutlich unter der Selbstzünd-Temperatur von Wasserstoff liegen. Die Leistung dieses Brenners ist dabei begrenzt durch die Diffusionsgeschwindigkeit von Wasserstoff und Sauerstoff durch die Diffusionsbarriere hindurch.

Aus der DE-PS 42 04 320 ist ein zweistufiger Brenner mit einem monolithischen Brenner als zweite Stufe bekannt. Allerdings werden auch hier die Gase vorgemischt, was zu den beschriebenen Nachteilen führt.

Ein weiterer zweistufiger Brenner ist in der DE-PS 43 30 130 beschrieben. Dabei handelt es sich in der ersten Stufe um einen Brenner ohne Vormischung der Gase und in der zweiten um einen monolithischen Brenner, der von den die erste Stufe verlassenden Gasen durchströmt wird. Dabei ist allerdings ein großer Luftüberschuß in Kauf zu nehmen, da sich sonst auch zwischen den Katalysatorstufen ein zündfähiges Gemisch ausbilden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf dem Stand der Technik aufbauend, einen katalytischen Brenner folgendermaßen weiterzuentwickeln: Einerseits ist die Katalysatorstruktur möglichst vollständig auszunutzen und sind die Brenngase bei möglichst geringem Luftüberschuß weitestgehend umzusetzen, um einen hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrad zu erreichen. Andererseits ist ein zündfähiges Gemisch außerhalb des Katalysators zu vermeiden, um einen hohen Sicherheitsstandard zu gewährleisten. Der Brenner soll zudem einfach und kostengünstig aufgebaut sein.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt der Erfindung gemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen angegeben.

Es wird erstmalig eine Brennerstruktur vorgeschlagen, die eine Zone mit dem Charakter eines Diffusionsbrenners sowie eine Zone mit dem Charakter eines Brenners mit Vormischung in einem Bauteil vereint. Zwischen diesen beiden Zonen befindet sich innerhalb der Katalysatorstruktur ein Übergangsbereich, in dem sich Brenngas und Verbrennungsgas vornehmlich durch Strömungsvorgänge mischen. Brenngas und Verbrennungsgas werden unvermischt in den Katalysator eingeleitet. Die Abgase treten bei dem der Erfindung gemäßen Brenner weder im Bereich der Brenngas-, noch der Verbrennungsgaszuführung aus. Durch diesen Aufbau wird auch bei hohen Leistungsdichten eine nahezu vollständige Verbrennung erreicht, ohne daß sich außerhalb des Katalysators ein zündfähiges Gemisch ausbilden könnte. Der der Erfindung gemäße katalytische Brenner ermöglicht einen nahezu vollständigen Umsatz der Reaktionspartner, bei Mischungen von Brenngas und Verbrennungsgas bis zu einem Stöchiometrieverhältnis von 1 : 1. Die Temperatur bei der die Reaktion ablaufen soll, kann in weiten Grenzen eingestellt werden.

Es ist damit möglich, nicht nur Wasserstoff zu verbrennen, sondern auch Erdgas oder andere Kohlenstoff enthaltende Substanzen. Ebenso sind Schad- oder Abgase umzusetzen. Die Verbrennung erfolgt mit einem gegenüber dem Stand der Technik wesentlich höheren feuerungstechnischen Wirkungsgrad und mit deutlich verringerten Emissionen unverbrannten oder nur teilweise umgesetzten Brenngases. Die Sicherheit ist gegenüber dem Stand der Technik wesentlich erhöht.

Der Katalysator besteht dabei vorteilhafterweise aus einem hochporösen Medium mit einer großen inneren Oberfläche. Besonders vorteilhaft sind dabei keramische oder metallische Schäume und Sinterkörper. Dabei kann der ganze Katalysator aus katalytisch aktivem Material bestehen oder aber aus einem inaktiven Trägermaterial und einer katalytisch aktiven Beschichtung aufgebaut sein. Keramische Träger werden dabei vorteilhaft dadurch beschichtet, daß sie mit der wäßrigen Lösung einer Komplexverbindung des katalytisch aktiven Metalles getränkt werden. Für die meisten katalytisch aktiven Metalle existieren Chlor- oder Amin-Metall-Komplexe. Anschließend wird der Katalysator getrocknet und kalziniert. Dabei zerfällt der Komplex und das Metall scheidet sich auf der Keramikoberfläche ab. Unter reduzierender Atmosphäre wird der Katalysator anschließend aktiviert. Ein weiteres bevorzugtes Trägermaterial ist ein Sinterkörper aus Nickel. Werden Körner organischer Nickelverbindungen gesintert und anschließend Binder und organische Bestandteile ausgebrannt, können hochporöse, feinporige Metallstrukturen erzeugt werden. Diese besitzen selbst eine katalytische Aktivität und können zudem noch mit anderen aktiven

Substanzen beschichtet werden.

Um Kohlenwasserstoffe zu verbrennen, ist es vorteilhaft, die Zusammensetzung des Katalysators über das Volumen zu variieren. So verbessert der Zusatz von Cu, Fe oder Nb im Bereich der Brenngaszuführung die Reformierung der Kohlenwasserstoffe, und der Zusatz von Pt oder Fe im Bereich zum Abgasaustritt hin, fördert die weitere Umsetzung von CO.

Vorteilhaft ist es weiterhin, die Porosität des Katalysators über das Katalysatorvolumen zu variieren. Eine feinporige Struktur im Bereich der Brenngaszuführung führt zu einer gleichmäßigen Verteilung des Brenngases. Dagegen ist für die Mischungszone besonders vorteilhaft, schwammförmige Strukturen mit regellos verteilten Poren und maximalen Porengrößen geringfügig unterhalb des minimalen Löschabstandes des Gasgemisches zu verwenden. So wird eine Verbrennung in der Gasphase ausgeschlossen und gleichzeitig ist der Strömungsdruckverlust minimal.

Für einen der Erfindung gemäßen katalytischen Brenner sind verschiedenen Geometrien möglich, beispielsweise können die verschiedenen Zonen des Katalysators in einem einzigen homogenen Bauteil vereint sein oder in Form paralleler Platten geschichtet sein. Ebenso können sie beispielsweise in Form konzentrischer Zylinder angeordnet sein. Verbrennungsgas und Brenngas können über flächenhafte und/oder rohrförmige Zuführungen eingebracht werden. Die Richtung der Zuführung von Brenngas und Verbrennungsgas kann in beliebigem Winkel zueinander sein.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sowie der Zeichnungen. Es sind dargestellt in

Fig. 1 Der Querschnitt durch einen katalytischen Brenner mit rohrförmiger Brenngaszuführung und flächenhafter Verbrennungsgaszuführung.

Fig. 2 Der Querschnitt durch einen katalytischen Brenner mit rohrförmiger Verbrennungsgaszuführung und flächenhafter Brenngaszuführung.

Fig. 3 Eine Ausführungsform mit Glaskeramik-Abdeckung zur Nutzung in Gas-Ceran-Kochfeldern.

Fig. 4 Eine Ausführungsform mit Vorheizung des Verbrennungsgases durch teilweise Flammenverbrennung des Brenngases.

Die Ausführungsform nach Fig. 1 zeigt eine besonders bevorzugte Variante des der Erfindung gemäßen Brenners (1). Der Katalysator (2) besteht aus drei Zonen (5), (6), (7). Die Brenngaszuführung (3) ist rohrförmig ausgebildet. Der das Brenngas enthaltende Raum (12) ragt fingerförmig in den Katalysator hinein. Er ist von einer Katalysatorzone (7) umgeben, nachfolgend kurz Diffusionszone, die ähnlich einem Diffusionsbrenner wirkt. Vorzugsweise ist diese Zone sehr feinporig ausgebildet und weist damit einen hohen Strömungsdruckverlust auf. Dadurch wird das in dieser Diffusionszone noch nicht umgesetzte Brenngas gut verteilt in die Zone (6) eingeleitet, wo es sich mit dem Verbrennungsgas, das aus dem Raum (11) zugeführt wird, durch Strömungsvorgänge mischt und weiter umsetzt. Diese Zone, nachfolgend kurz Mischungszone, weist vorzugsweise eine maximale Porengröße auf, die nur unwesentlich kleiner ist als der minimale Löschabstand für das Brenngas-Verbrennungsgas-Gemisch, wodurch sich keine offene Flamme ausbilden kann, gleichzeitig der Strömungsdruckverlust jedoch niedrig ist. Ist jedoch die Ausbildung von Flammen gewollt, so kann die Mischungszone (6) mit Poren versehen sein, die größer als der minimale

Löschabstand sind. Zum Auslaß für die Verbrennungsgase (10) hin ist der Katalysator als eine Zone (5) ausgebildet, die analog einem Brenner mit Vormischung arbeitet. Das Verbrennungsgas wird konvektiv oder durch Zwangsführung mittels eines Gebläses (nicht eingezeichnet) über die Zuleitung (4) zugeführt. Das Gehäuse (8) kann Teil eines den Brenner umgebenden Wärmetauschers sein.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, die katalytische Aktivität der Zonen, die Porengröße sowie das Material, aus dem der Katalysator gebildet wird, den Anforderungen an den Brenner anzupassen. Ist beispielsweise eine hohe Oberflächentemperatur der Zone (5) zu erreichen, so ist es besonders vorteilhaft, diese Zone aus einem sehr aktiven Katalysator zu fertigen, dagegen ist die Aktivität der Mischungszone (6) in diesem beispielhaften Fall nicht wesentlich; es kann sogar ausreichend sein, daß diese Zone keine katalytische Wirkung besitzt, sondern lediglich, durch ausreichend enge Poren, die Ausbildung von Flammen verhindert. Wird dagegen eine Porengröße gewählt, die größer als der Löschabstand ist, so kann die Zone (5) als Flammensperre ausgebildet sein.

Soll der Brenner schnell aufheizen, so werden die Katalysatorzonen bevorzugt aus mit katalytisch aktivem Material beschichteten keramischen Schäumen, beispielsweise aus Al_2O_3 , ZrO_2 oder SiC , ausgebildet, die eine Porosität von weit über 50% erreichen.

Wird das Brennergehäuse (8) als Teil eines Wärmetauschers eingesetzt, so ist es für den der Erfindung gemäßen katalytischen Brenner zweckmäßig, für die Zonen (5) und (6) metallische Trägermaterialien zu verwenden. Diese können, durch die gegenüber Keramik größere Wärmeleitfähigkeit, die aus der Oxidation freiwerdende Energie besser ableiten.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform des der Erfindung gemäßen katalytischen Brenners mit flächenhafter Zuführung des Brenngases. Über der Brenngaszuführung (3) und dem Brenngasraum (12) ist, zur gleichmäßigen Verteilung des Gases über die ganze Grundfläche des Brenners, ein katalytisch nicht aktives Bauteil (16) angebracht, welches einen hohen hydraulischen Widerstand besitzt. Besonders vorteilhaft ist es, dieses Bauteil aus einer extrem feinporigen Sinterkeramik zu fertigen. Durch den daraus resultierenden großen Strömungsdruckverlust des Brenngases ergibt sich eine über die Ebene konstante Flächenbelastung der Diffusionszone (7). Die Zuführung (4) des Verbrennungsgases hat bevorzugt einen annähernd rohrförmigen Querschnitt. Das Verbrennungsgas wird seitlich in die Mischungszone (6) eingeleitet.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform des der Erfindung gemäßen katalytischen Brenners mit Gebläse (14) und Glaskeramik-Abdeckung (9). Diese Ausführungsform ist für den Einsatz in einem Gas-Ceran-Herd konzipiert. Der Raum (11) für das Verbrennungsgas ist als Ringkanal ausgebildet. Die Zuführung des Verbrennungsgases in die Mischungszone (6) des Katalysators erfolgt bevorzugt über mehrere Öffnungen des Katalysatorgehäuses (8) direkt oberhalb der Diffusionszone (7). Die Zone (5) ist als Strahlungskörper ausgebildet.

Fig. 4 zeigt ein Schnittbild einer Ausführungsform des der Erfindung gemäßen katalytischen Brenners mit Vorheizung des Verbrennungsgases. Dazu wird ein Teilstrom des Brenngases über eine Venturidüse (17) geführt und damit das Verbrennungsgas im Überschuß angesaugt. Unterhalb des Katalysators (2) befindet sich ein Flammraum (13), in dem das Brenngas-Verbren-

nungsgas-Gemisch durch die Zündung (15) entflammt wird. Über die Zuführung (3) wird weiteres Brenngas in die rohrförmige Diffusionszone (7) des Katalysators (2) eingebracht.

Patentansprüche

1. Katalytischer Brenner (1) mit mindestens einer Zuführung (3) für mindestens ein Brenngas und mindestens einer Zuführung (4) für mindestens ein Verbrennungsgas, mit mindestens einem zusammenhängenden Katalysator (2) und mindestens einem Auslaß für die Verbrennungsabgase (10), dadurch gekennzeichnet, daß Brenngas und Verbrennungsgas direkt in eine zusammenhängende Katalysatorstruktur (2) eingeleitet werden, und die Abgase weder durch den Raum der Brenngaszufuhr (12) noch den Raum der Verbrennungsgaszufuhr (11) abgeführt werden.
2. Katalytischer Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas Wasserstoff und/oder Kohlenwasserstoffe enthält.
3. Katalytischer Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zusammenhängende Katalysatorstruktur (2) sowohl Bereiche (7) aufweist, in die Brenngas und Verbrennungsgas aus verschiedenen Richtungen eindiffundieren und anschließend miteinander reagieren, die demnach als Diffusionsbrenner wirken, als auch Bereiche (5), in denen Brenngas und Verbrennungsgas als Gemisch durchströmen, die demnach wie ein Brenner mit Vormischung wirken.
4. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche (7) und mit (5) Vormischung durch einen Bereich (6) getrennt sind, in dem Brenngas und Verbrennungsgas durch Strömungsvorgänge gemischt werden.
5. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischbereich (6) nach Anspruch 3 eine mittlere Porengröße aufweist, die unterhalb des minimalen Löschabstandes für das Brenngas-Verbrennungsgas-Gemisch liegt.
6. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorstruktur im Bereich der Brenngaszuführung eine kleinere Porengröße aufweist als im Bereich der Verbrennungsgaszuführung.
7. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Bereiche (5), (6), (7) des Katalysators von unterschiedlicher katalytischer Aktivität sind.
8. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Bereiche (5), (6), (7) des Katalysators aus jeweils verschiedenen Materialien bestehen.
9. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das katalytisch aktive Material bevorzugt Platin ist.
10. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator aufgebaut ist aus einem mit dem katalytisch aktiven Material beschichteten Träger.
11. Katalytischer Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Träger ein keramisches oder metallisches Material eingesetzt wird.
12. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprü-

che 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial ausgewählt ist aus metallischen und/oder keramischen Sinterkörpern, Geweben, Netzen, Vliesen, Schäumen, Schüttungen, Wabenkörpern, Loch- oder Schlitzblechen, Metall- und/oder Keramik-Packungen.

13. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial zumindest mit einem der eingesetzten katalytisch aktiven Materialien identisch ist.
14. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennergehäuse (8) als Wärmetauscher ausgebildet ist.
15. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorstruktur (2) ganz oder Teilweise als Strahlungskörper ausgebildet ist.
16. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner durch eine Glaskeramik-Platte (9) abgedeckt ist.
17. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorstruktur (2) ganz oder teilweise temperierbar ist.
18. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das zugeführte Brenngas und/oder das zugeführte Verbrennungsgas vorgeheizt werden.
19. Katalytischer Brenner nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorgeheizung durch eine Flammenverbrennung eines Teiles des Brenngases erfolgt.
20. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß als Verbrennungsgas und/oder Brenngas das Abgas eines vorgeschalteten Prozesses genutzt wird.
21. Katalytischer Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß dem Verbrennungsgas und/oder dem Brenngas vor dem Einleiten in den Katalysator ein Reaktionspartner in Konzentrationen unterhalb der Zünd- und/oder Explosionsgrenze zugemischt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

b190W e ü

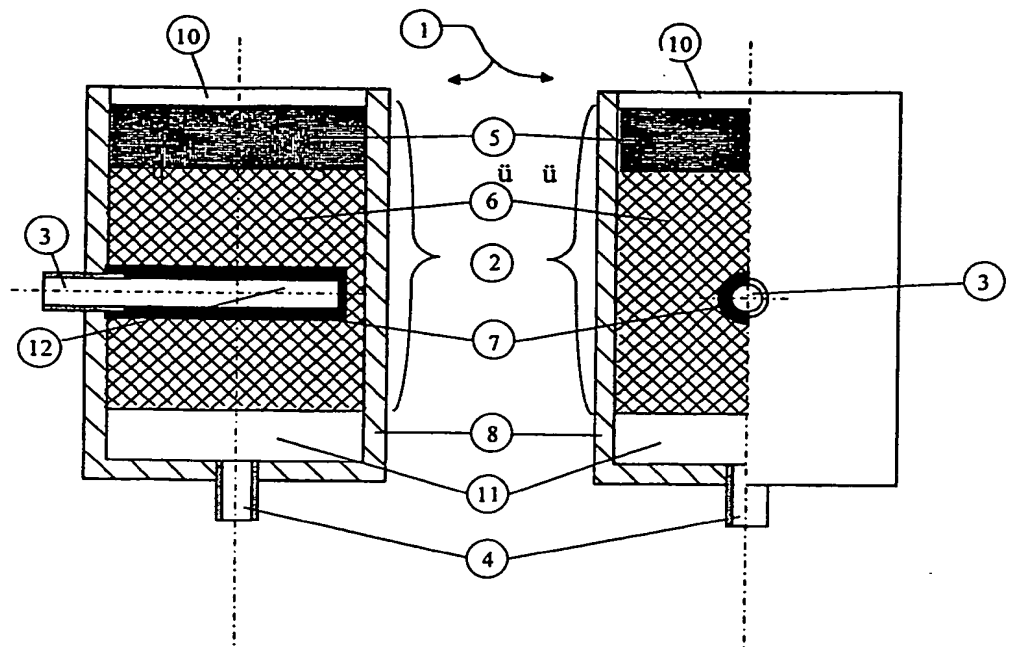


Fig. 2

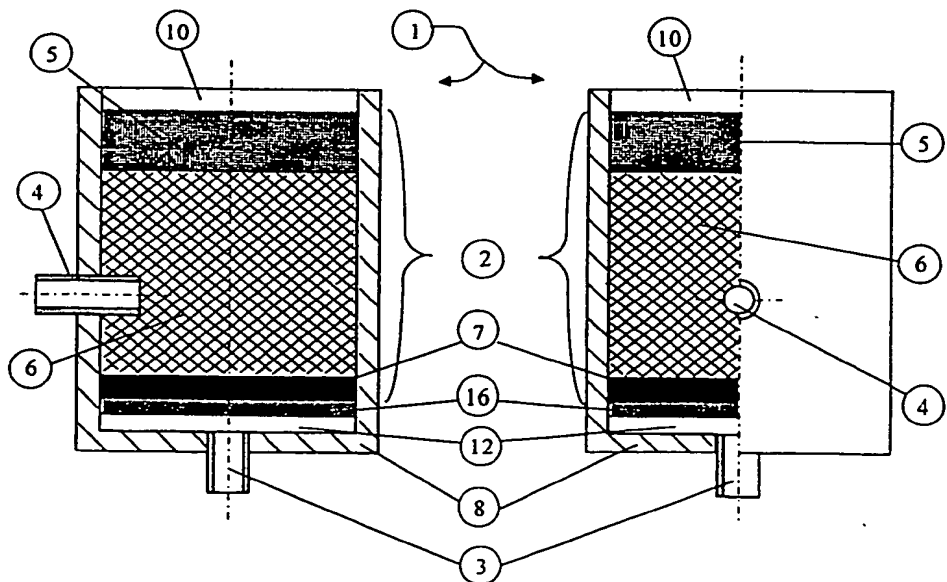


Fig. 3

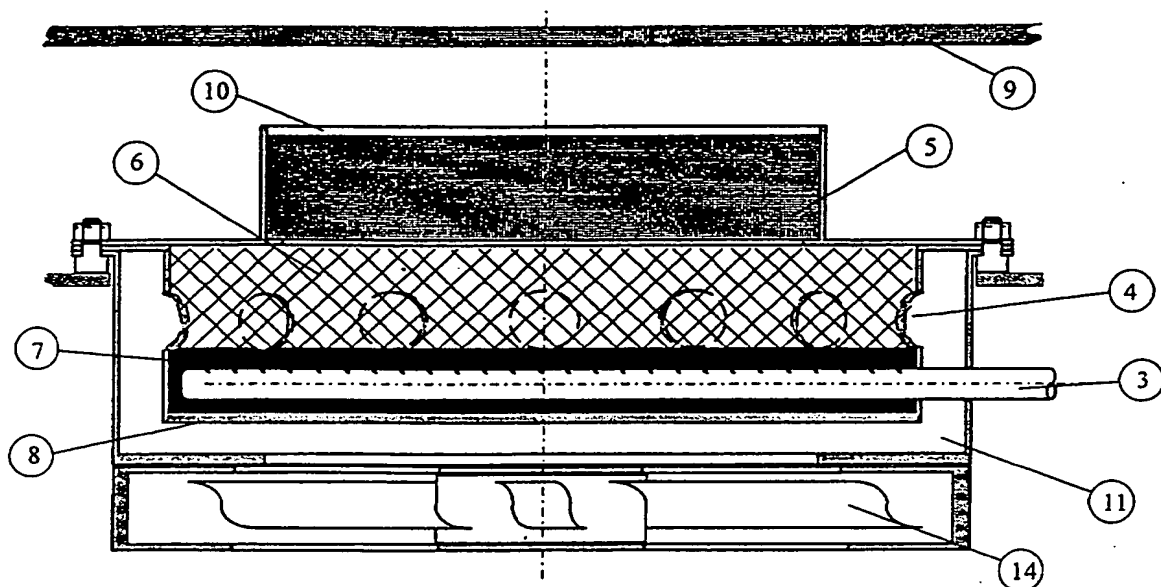
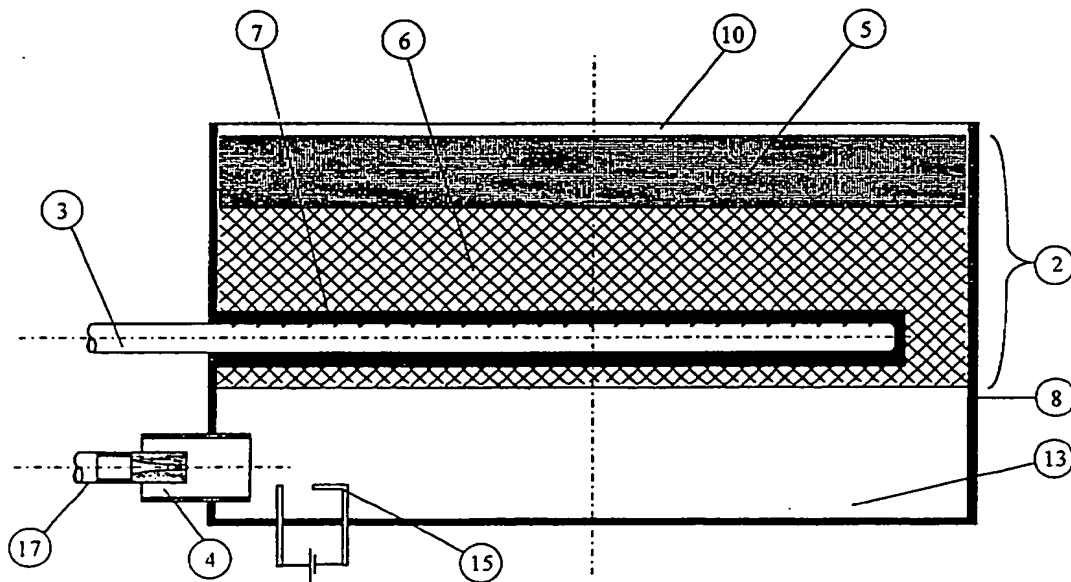


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.